

УДК 574.4 + 581.524.3

Д. С. Капралов, В. В. Фомин

(Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург),

П.А. Моисеев

(Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург)

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ДРЕВОСТОЕВ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX В.

Исследования верхней границы леса во второй половине XX в. выполнены на Северном Урале на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве. Рассмотрены изменения, происходящие в составе верхней границы леса, причиной которых, возможно, является изменение климата района исследований.

Первые сведения, касающиеся верхней границы леса и ее динамики на Северном Урале, относятся ко второй половине XIX в. М. Ковальский (1853), участник Североуральской экспедиции Географического общества, работавшей в 1847-1850 гг. в северной части Уральского хребта (66°40' с.ш.), указывает на обнаруженные среди голой тундры остатки погибшего березового леса. Позднее многие исследователи также описывали древесные остатки, обнаруженные выше современной границы леса в разных частях Уральского хребта. По результатам данных находок было высказано предположение о снижении верхнего предела лесной растительности и ухудшении условий ее роста за предшествующие десятилетия (Федоров, Иванов, 1886; Баклунд, 1911; Сукачев, 1922; Говорухин, 1929; Сочава, 1930; Корчагин, 1940). Однако к середине XX в. был накоплен материал, свидетельствующий о продвижении леса вверх в тундру в южной части Уральского хребта и в районах Субарктики (Тихомиров, 1941; Говорухин, 1947; Игошина, 1952; Горчаковский, 1954). В силу возникших расхождений и крайней несистематичности проводимых работ рекомендовано провести изучение распространения пределов растительности на строго экспериментальной основе (Тихомиров, 1959; Шиятов, 1964).

Планомерное изучение динамики лесов, расположенных на верхнем и полярном пределе распространения, становится все более актуальным. Анализ процессов, протекающих в данных лесных сообществах, позволяет определить характер и интенсивность влияния на них изменений климата. Полученные результаты помогут прогнозировать те положительные и отрицательные последствия, которые могут иметь эти изменения для лесов и экологии данного региона.

Цель работы – анализ качественных и количественных изменений состава древостоев в пределах верхней границы леса Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива (Северный Урал) во второй половине XX в.

Район исследований - Тылайско-Конжаковско-Серебрянский горный массив ($59^{\circ}30' - 59^{\circ}40'$ с. ш., $59^{\circ}00' - 59^{\circ}20'$ в. д.) – расположен в южной части восточного макросклона Северного Урала в лесной (таежной) зоне на границе северной и южной подзон тайги (Горчаковский, 1966). Территория района представлена Тылайско-Конжаковско-Серебрянским горным массивом общей площадью $156,9 \text{ км}^2$. Массив состоит из трех горных вершин: Тылайский Камень ($1470,8 \text{ м н.у.м.}$), расположенный в западной его части, Конжаковский Камень ($1567,7 \text{ м н.у.м.}$) - на севере и Серебрянский Камень (1305 м н.у.м.) - на востоке. Его протяженность по длинной оси с запада на восток составляет около 14 км . Склоны горного массива сложены пироксенитами, дунитами и габбро (Большая Советская Энциклопедия, 1972).

Район исследований достаточно удален от крупных промышленных центров (Краснотурьинск – 60 км , Серов – 80 км , Березники – 135 км) и автомагистралей, поэтому произрастающая на его склонах растительность практически не подвержена антропогенному влиянию. По литературным источникам установлены эпизодические воздействия промышленной деятельности на склонах горного массива. В XVIII в. на склонах данного горного массива геологи проводили добычу медной руды открытым способом, но месторождение было быстро выработано, а рудник заброшен (Чупин, 1877). В семидесятых годах XX в. в верхней части Иовского перевала были проведены изыскательские работы Североуральской комплексной геофизической партией. Так как все работы проводились выше верхней границы леса, то их влияние на лесные сообщества незначительно и носит локальный характер. В настоящий момент в районе исследований происходит лишь незначительное увеличение рекреационной нагрузки (туризм).

Объект исследования - лесные сообщества, произрастающие на высотном пределе своего распространения и формирующие верхнюю границу относительно сомкнутого леса.

Первый этап работ был выполнен С. Г. Шиятовым осенью 1956 и весной (конец марта) 1957 гг. В указанные сроки были описаны состав и структура криволесий, редколесий и сомкнутых лесов, произрастающих в пределах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива. Им установлено высотное положение верхней границы леса, ее экологический тип, а также направление преобладающих ветров (по флагообразности крон деревьев). В ходе исследований проведено ландшафтное фотографирование склонов района исследований.

С целью оценки изменений, произошедших в составе и структуре древостоев, а также в высотном положении верхней границы леса за последние 50 лет, Д.С. Капраловым и П.А. Моисеевым летом 2005 г. было проведено повторное описание лесной растительности на тех же выделах и маршрутных точка, что и в 1956-1957 гг. Кроме того, выполнено картирование современного положения верхней границы.

К верхней границе леса (ВГЛ) были отнесены лесные сообщества, образующие относительно сплошную границу, сомкнутость крон которых превышает 15-20%. Вдоль маршрутного хода, проложенного по опушкам самых верхних лесных участков в наиболее типичных по характеристикам древостоев точках, производили замеры высоты в 1956 г. при помощи барометра-анероида. Для корректировки высотных отметок использовался термометр-пращ. В 2005 г. высоты точек, замеренные на первом этапе, сверяли по наручному барометрическому высотомеру. По маршрутному ходу производили глазомерную таксацию древостоев в пределах видимой верхней части границы шириной 50-100 м. Из таксационных характеристик особое внимание уделяли определению относительного состава древесных видов. Кроме того, регистрировали сомкнутость крон деревьев и их высоту. При проведении исследований в 2005 г. дополнительно определяли доминанты травяно-кустарничкового яруса, описывали мохово-лишайниковый ярус, подлесок и режим увлажнения почв. Вся верхняя граница была поделена на относительно однородные по составу и структуре древостоев выделы. В качестве основного критерия для выделения принимали изменение состава древостоев более чем на единицу.

При проведении исследований небольшие куртины и отдельные деревья, расположенные выше ВГЛ, в 1956 г. не описывали, так как данные лесные сообщества были слабо развитыми и незначительными по площади. При повторном исследовании в 2005 г. было выполнено описание участков растительности, расположенных выше границы относительно сомкнутого леса.

На основе топографической карты М 1:100000 и данных полевых исследований 1956-1957 и 2005 гг. в географической информационной системе (ГИС) ARC/INFO (ESRI Inc., США) были созданы картосхемы, характеризующие высотное положение верхней границы леса, изменение состава древесных видов, ее образующих, типов границы леса и направление господствующих ветров на различных склонах горного массива. Описано и нанесено на карту 137 маршрутных точек. Среднее расстояние между ними составляет 530 м. Общая протяженность верхней границы леса района исследований - 72,7 км.

При анализе изменений климата в районе исследований были использованы данные инструментальных измерений метеостанции «Карпинск» (187 м над уровнем моря) за период с 1888 по 1996 гг.

Отличительной особенностью древостоев, произрастающих в экотоне верхней границы леса на Северном Урале, является их многовидовый состав. Доминантами древесного яруса являются ель сибирская, кедр сибирский, лиственница сибирская и береза извилистая. Пихта сибирская встречается во многих древостоях, но в основном в качестве примеси или подлеска (второго яруса). В таблице показано изменение протяженности

верхней границы леса за исследуемый период по доминантам древесного яруса.

Как видно из таблицы, протяженность ВГЛ с доминированием березы извилистой увеличилась на 11,2 км (с 25,5 до 36,7 км) по всему району исследований. В наибольшей степени такое увеличение протяженности березовых криволесий произошло на Серебрянском Камне в основном за счет уменьшения доли лиственницы (с 27 до 17%) и ели (с 19 до 13%) по составу. Доминирование кедра сибирского в целом по горному массиву изменилось незначительно с 12,2 (1956 г.) до 12,9 км (2005 г.).

Как видно на рис. 1, увеличение доли березы произошло в основном на склонах северо-западной и юго-восточной экспозиций, что, по-видимому, связано с увеличенным количества осадков в виде дождей со стороны движения воздушных масс в теплый период, и склонах противоположной (юго-восточной) экспозиции, на которых происходит обильное снегонакопление. Эти факты объясняются преобладающими в районе ветрами, которые способствуют выпадению и накоплению осадков на указанных склонах.

Изменение протяженности доминирования древесных видов на их верхнем пределе произрастания

Название горной вер- шины	Прот- яжен- ность границ- цы, км	Год	Доминанты древесного яруса							
			Береза		Кедр		Ель		Листвен- ница	
			км	%	км	%	км	%	км	%
Тылайский Камень	16.9	1956	7.7	46	0.4	2	8.8	52	-	-
		2005	8.6	51	0.8	5	7.4	44	-	-
Конжаков- ский Камень	28.5	1956	12.8	45	5.9	21	4.9	17	4.9	17
		2005	17.2	60	5.3	19	1.8	6	4.2	15
Серебрян- ский Камень	25.3	1956	5.0	20	6.0	24	-	-	14.3	57
		2005	10.9	43	6.8	27	-	-	7.6	30
Итого по району	70.6	1956	25.5	36	12.2	17	13.7	19	19.2	27
		2005	36.7	52	12.9	18	9.2	13	11.9	17

Основной состав верхней границы в 2005 г. представлен березой на 727 из 1370 возможных единиц, это на 25% больше, чем в 1956 г. В связи с этим произошло уменьшение доли участия остальных пород: кедра сибирского, ели сибирской, лиственницы сибирской и пихты сибирской на 11, 13, 25, 84% соответственно по сравнению с предыдущим периодом.

Увеличение доли березы в составе древостоев обусловлено ее биологическими особенностями и способностью более активно реагировать на улучшение условий произрастания по сравнению с другими древесными видами (Kullman, 1993). Особенную роль в формировании березняков на верхнем пределе играют атмосферные осадки, особенно в зимний период.

Наиболее критичным увеличение уровня снежного покрова является для лиственницы сибирской, что резко отражается на ее развитии и появлении молодого поколения (Моисеев и др., 2004; Kullman, 2001, 2002, 2003).

Одновременно с изменением доли участия отдельных видов в составе древостоев верхней границы произошло увеличение сомкнутости крон в среднем по району на 11% (с 49 до 60%). В наибольшей степени сомкнутость увеличилась в выделах с преобладанием кедра (на 26%; с 46 до 72%), а в наименьшей - с преобладанием ели (на 0,4 %; с 56,2 до 56,4%). На Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве установлено увеличение средней высоты древостоев на 0,6 м (с 4,8 до 5,4 м).

В ходе исследований определено, что на сравнительно пологих участках склонов произошло поднятие верхней границы более или менее сплошных лесов выше в горы. Особенно значительным было продвижение на восточной оконечности Серебрянского Камня и в верховье р. Полудневой. Максимальные величины сдвига в проекции составляют до 330 м (см. рис. 1). Анализ полученных гистограмм горизонтального смещения границы указывает на то, что полученные распределения отличаются от нормального, поэтому для оценки величины сдвига более предпочтительно использовать не среднее значение, а медиану, которая по всем участкам сдвига границы составила 60 м. В ходе исследований установлен также подъем отдельных участков верхней границы на 40,6 м по медиане (с 920,1 до 960,7 м) за период с 1956 по 2005 гг.

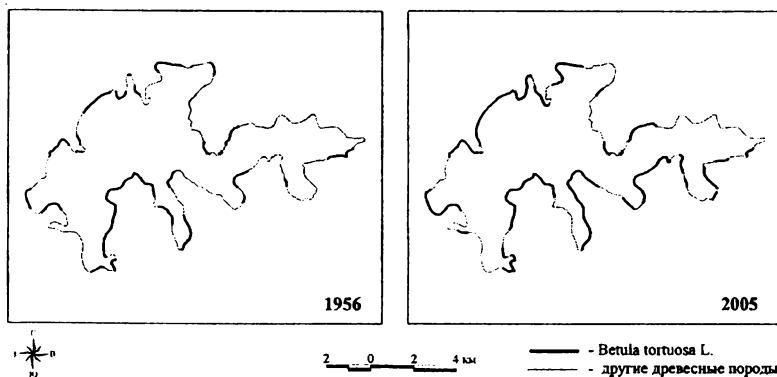


Рис. 1. Верхняя граница леса Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива в 1956 и 2005 гг. На рисунке черным цветом показаны участки границы с преобладанием в составе березы извилистой

Изменение породного состава, увеличение сомкнутости древостоев и подъем отдельных участков верхней границы леса происходит на фоне увлажнения и потепления климата, о чем свидетельствуют данные инструментальных замеров метеостанции «Карпинск» (рис. 2).

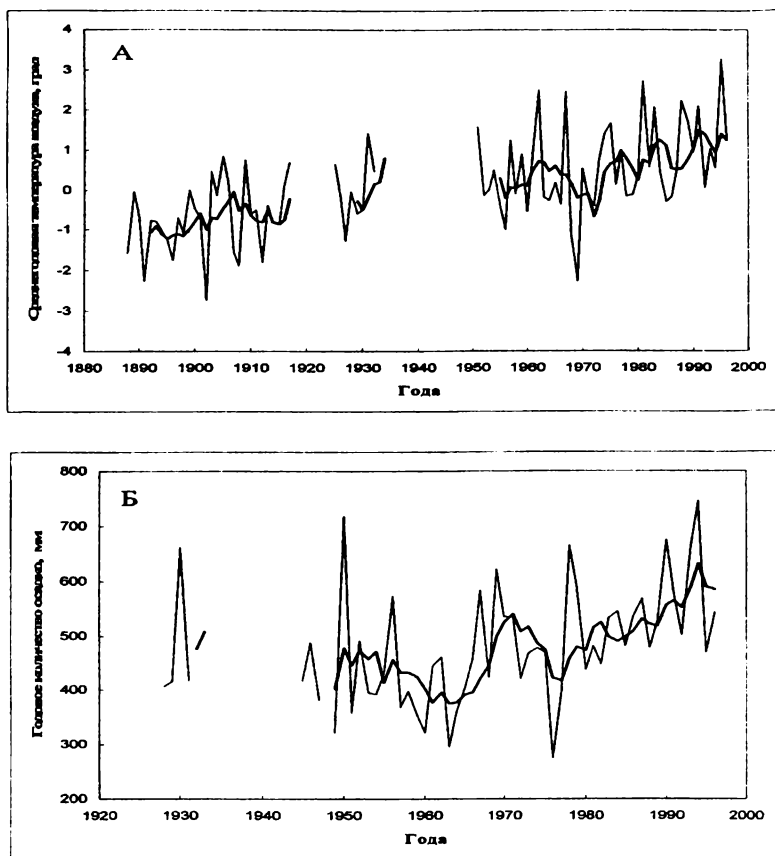


Рис. 2. График хода среднегодовых температуры (А) и количества осадков (Б) на метеостанции Карпинск (Северный Урал). График пятилетнего скользящего среднего изображен жирной линией

Таким образом, в результате проведенных исследований на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве установлено увеличение доли березы извилистой в составе верхней границы леса на 25% за последние 49 лет. Протяженность границы с доминированием ее по составу увеличилась на 11,2 км (16%). Кроме того, по всему району исследований установлено увеличение сомкнутости древесного полога в среднем на 11% (с 49 до 60%), а также увеличение средней высоты древостоев на 0,6 м (с 4,8 до 5,4 м). На отдельных склонах района исследований установлено поднятие участков границы вверх по склону в среднем на 40,6 м. Горизон-

тальный сдвиг отдельных участков границы по медиане составил до 60 м, а максимальные его значения - до 330 м.

Проведенный анализ среднегодовых температур воздуха и количества осадков в районе исследований позволяет утверждать, что основной причиной установленных изменений на верхней границе является потепление и увлажнение климата в течение второй половины XX в. Особенно важное значение в данных процессах имеет увеличение количества зимних осадков за исследуемый период.

Работа выполнена благодаря финансовой поддержке ИНТАС (грант 01-005), РФФИ (грант 04-04-48466, 06-04-49359, 06-04-63006), а также технической поддержке ООО «ДАТА+» – официального представителя компаний-производителей программного обеспечения компании ESRI (США).

Библиографический список

Баклунд, О. Общий обзор деятельности экспедиции братьев Кузнецовых на Полярном Урале [Текст]/ О. Баклунд // Записки Академии наук. М., 1911. (VIII сер., по физ. мат. отд. XXVIII, № 1).

Большая Советская Энциклопедия [Текст]/ ред. А.М. Прохоров М.: Сов. Энцикл., 1972. 430 с.

Говорухин, В. С. Растительность бассейна р. Илыча [Текст]/ В.С. Говорухин // Труды общества изучения Урала, Сибири и Д. Востока, 1929. Т. I. Вып. 1.

Говорухин, В. С. Динамика ландшафтов и климатические колебания на Крайнем Севере [Текст]/ В.С. Говорухин // Известия ВГО. 1947. № 3.

Горчаковский, П. Л. Лесная растительность подгольцового пояса Урала [Текст]/ П.Л. Горчаковский // Сб. тр. по лесному хозяйству. Свердловск, 1954. Вып 2.

Горчаковский, П. Л. Флора и растительность высокогорий Урала [Текст]: тр. ин-та биологии УФАИ СССР/ П.Л. Горчаковский. Свердловск, 1966. Вып 48. С. 3-269.

Горчаковский, П. Л. О распространении и условиях произрастания дазифоры кустарниковой (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.) в связи с реликтовой природой ее уральских местонахождений [Текст]/ П.Л. Горчаковский // Записки Свердловского отделения всесоюзного ботанического общества. Свердловск 1960. Вып. 1. С. 3-21.

Игошина, К. Н. Растительность субальпийского Северного Урала [Текст] / К.Н. Игошина // Труды ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР, 1952. сер. III. (Геоботаника). Вып. 8.

Ковальский, М. Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой [Текст]/ М. Ковальский. СПб., 1853. Т. I.

Корчагин, А. А. Растительность северной половины Печерско-Ильчского заповедника [Текст]/ А.А. Корчагин // Труды Печерско - Ильчского государственного заповедника. Сыктывкар, 1940. Вып. 2.

Моисеев, П. А. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала [Текст]/ П.А. Моисеев, М. Ван дер Меер, А. Риглинг, И.Г. Шевченко // Экология. 2004. № 3. С. 1 – 9.

Сочава, В. Б. Пределы лесов в горах Ляпинского Урала [Текст] / В.Б. Сочава // Труды ботанического музея Академии наук, Л.: Изд-во АН СССР, 1930. Вып 22. С. 1-48.

Сукачев, В. Н. К вопросу об изменении климата и растительности на севере Сибири в послетретичное время [Текст]/ В.Н. Сукачев // Метеорологический вестник. 1922. Т. 33. № 1 – 4.

Тихомиров, Б. А. К вопросу о динамике полярного и вертикального предела лесов Евразии [Текст]/ Б.А. Тихомиров // Советская ботаника. 1941. № 5 – 6.

Тихомиров, Б. А. Некоторые итоги и основные проблемы изучения растительного покрова севера Сибири [Текст]/ Б.А. Тихомиров // Известия СО АН СССР. 1959. № 2.

Федоров, Е. С. Сведения о Северном Урале [Текст]/ Е.С. Федоров, П.П. Иванов // Известия РГО. 1886. Т. 22. Вып. 3.

Чупин, Н. К. Географический статистический словарь Пермской губернии [Текст]/ Н.К. Чупин. Пермь, 1877. Т. 2. С. 79 – 94.

Шиятов, С. Г. Динамика верхней границы леса на восточном склоне Полярного Урала (Бассейн реки Соби) [Текст]: дис. ...канд. биол. наук / С.Г.Шиятов. Екатеринбург, 1964. С. 1 – 14.

Kullman, L. Tree limit dynamics of *Betula pubescens* ssp *tortuosa* in relation to climate variation: evidence from central Sweden [Text]/ L. Kullman // J. Veg Sci. 1993. № 4. P. 765 – 772.

Kullman, L. 20th Century Climate Warming And Tree-Limit Rise In The Southern Scandes Of Sweden [Text]/ L. Kullman // Ambio. 2001. №30 (2). P. 72 – 80.

Kullman, L. Rapid Recent Range-Margin Rise Of Tree And Shrub Species In The Swedish Scandes [Text]/ L. Kullman // J Ecol. 2002. № 90 (1). P. 68 – 77.

Kullman, L. Recent reversal of Neoglacial climate cooling trend in the Swedish Scandes as evidenced by mountain birch tree-limit rise [Text] / L. Kullman //Global and Planetary Change. 2003. №36. P. 77 – 88.